

SPT データに基づく杭圧入時の地盤抵抗予測

SPT, PPT, 地盤抵抗

(株) 技研製作所 正会員 ○西川舞
(株) 技研製作所 正会員 石原行博
(株) 技研製作所 正会員 尾川七瀬
(株) 技研製作所 非会員 長山輝夫

1. はじめに

杭圧入は油圧力により杭を貫入する技術である。杭圧入時の地盤抵抗（先端抵抗と周面摩擦抵抗の和）予測が正確に行われれば、工事計画や施工管理にとって役立つ。本研究では、複数の方法で N 値および土質分類から杭圧入時の地盤抵抗を予測した。予測値と実測値を比較し、手法の妥当性を評価する。

2. 予測手法

支持力発揮時の地盤抵抗は、例えば Terzaghi や Meyerhof により提唱されているが、圧入中は地盤の変形量や変形速度が大きく、地盤抵抗の発揮メカニズムが支持力発揮時とは異なると考えられる。ここでは、先端抵抗は式(1)より、周面摩擦抵抗は 式(2)および(3)により算出する¹⁾。

$$Q_b = q_b \cdot A_b$$

$$q_b = \alpha \cdot N \cdot p_a \cdot 8.5 \left(1 - \frac{I_c}{4.6}\right) \quad (1)$$

$$Q_s = \lambda \cdot \min(q_s, q_{s,limitation}) \cdot L \cdot P$$

$$q_s = \beta \cdot (q_b - \sigma'_{v0}) \cdot 10^{\xi}$$

$$\xi = \sqrt{I_c^2 - [3.47 - \log\{(q_b - \sigma'_{v0})/\sigma'_{v0}\}]^2} - 3.22 \quad (2)$$

$$Q_s = \lambda \cdot q_s \cdot L \cdot P$$

$$q_s = \frac{1}{L} \cdot \frac{a \cdot \tan \delta}{\alpha} \int_{h=0}^{h=L} q_b \cdot \max\left(\frac{h}{D}, 2\right)^c \cdot dh \quad (3)$$

a, c : 媒介変数²⁾

A_b : 断面積

D : 杭径

h : 杭先端の通過距離

I_c : 土質性状タイプ指標³⁾

L : 貫入長

N : SPT-N 値

P : 杭周長

p_a : 大気圧

q_b : 先端抵抗力度

Q_b : 先端抵抗力の予測値

q_s : 周面摩擦抵抗力度

q_{s,limitation} :

周面摩擦抵抗力度の閾値 (表 1)

Q_s : 周面摩擦抵抗力の予測値

α : 寸法係数 (CPT q_c⇒q_b)⁴⁾

β : 寸法係数 (CPT f_s⇒q_s)⁴⁾

ζ : 係数⁵⁾

λ : 低減率 (表 2)

σ_{v0} : 全応力

σ'_{v0} : 有効応力

c : 粘着力

δ : 内部摩擦角

表 1. 周面摩擦抵抗閾値 q_{s,limitation}

(2-1)	API の方法 ⁶⁾	—
(2-2)	σ' _{v0} による方法 ⁵⁾	q _{s,limitation} = ζ · σ' _{v0}
(2-3)	c, φ による方法 ⁵⁾	q _{s,limitation} = ζ · (c + σ' _{v0} · tanδ)

表 2. 低減係数 λ

λ	q _{s,limitation} (API)	q _{s,limitation} (σ' _{v0})	q _{s,limitation} (c, δ)
gravel	(0.1)	(1.7)	(1.5)
gravel-sand	0.1	1.7	1.5
sand	1.5	4.2	3.7
sand-silt	0.6	3.3	3.4
silt	0.4	4.0	8.3
silt-clay	1.3	4.7	6.6
clay	(1.3)	(4.7)	(6.6)

3. 周面摩擦抵抗の閾値 q_{s,limitation} および低減率 λ の設定

既存の指針⁶⁾や研究⁷⁾を参考に、周面摩擦抵抗の閾値を表 1 のように設定した。また、低減率 λ はサイト N (図 1) とサイト T (図 3) の 2 つの試験場で得られた実験結果を用いて表 2 のように決定した。実験では、先端にロードセルを配置した φ318.5 閉端鋼管杭を用い、2mm/s で圧入した際の先端抵抗と周面摩擦抵抗を測定した。試験結果の精度を確保するためにサイト N では表層 4m、サイト T では表層 2m を事前に掘削した。

4. 算出結果と考察

φ 318.5 閉端鋼管杭の圧入に関する理論値と実測値を図 2 に、400P 鋼矢板の圧入に関する理論値と実測値を図 4 に示す。鋼矢板の場合、断面積および杭周長は鋼矢板そのものの値とし、地盤抵抗 R_v を算出した。また、参考までに支持力式⁸⁾による理論値を各図中に点線で併記する。

【結論】

- 鋼管杭の先端抵抗は、式(1)により正確に予測された。
- 鋼管杭の周面摩擦抵抗は、閾値 $q_{s,limitation}$ と低減率 λ を考慮した手法(2)が、摩擦疲労を考慮した手法(3)よりも正確であった。
- 鋼矢板は、摩擦疲労を考慮した手法(3)が実測値と近い結果を与えており、摩擦疲労を考慮しない場合は深度の増加とともに過大評価となっている。これは周面摩擦抵抗の過大評価によると考えられる。

【今後の課題】

- 摩擦疲労の係数 c は土質や施工条件に応じたものを用いるのが適切である可能性がある。
- 理論式を鋼矢板へ適用する場合の形状効果の検討・閉塞の考慮・実験時の先端抵抗と周面摩擦抵抗を分離する計測手法の確立が課題である。

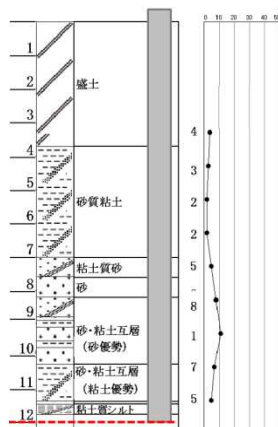


図 1. サイト N 柱状図

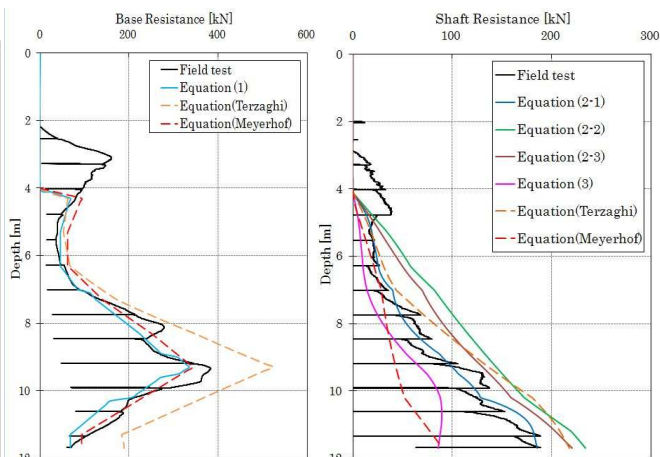


図 2. サイト N における閉端鋼管杭圧入時の
実測値と理論値比較

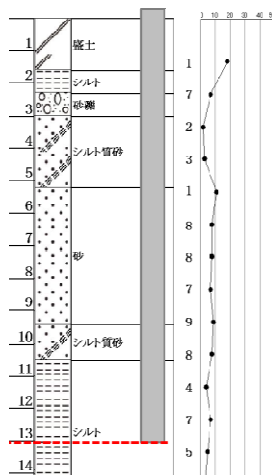


図 3. サイト T 柱状図

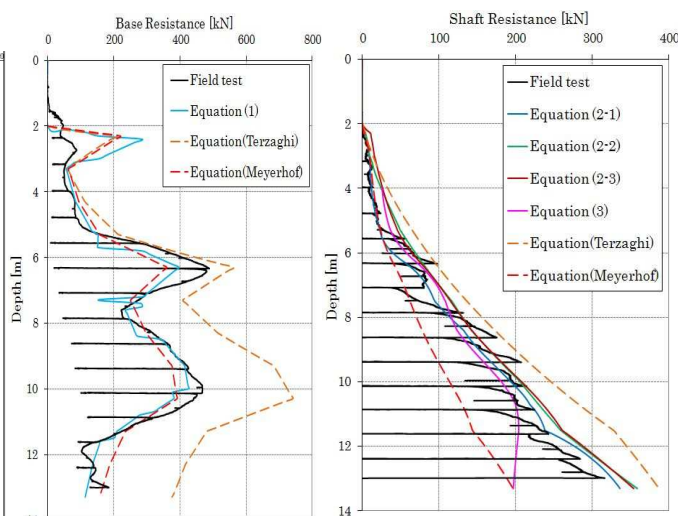


図 4. サイト T における閉端鋼管杭圧入時の
実測値と理論値比較

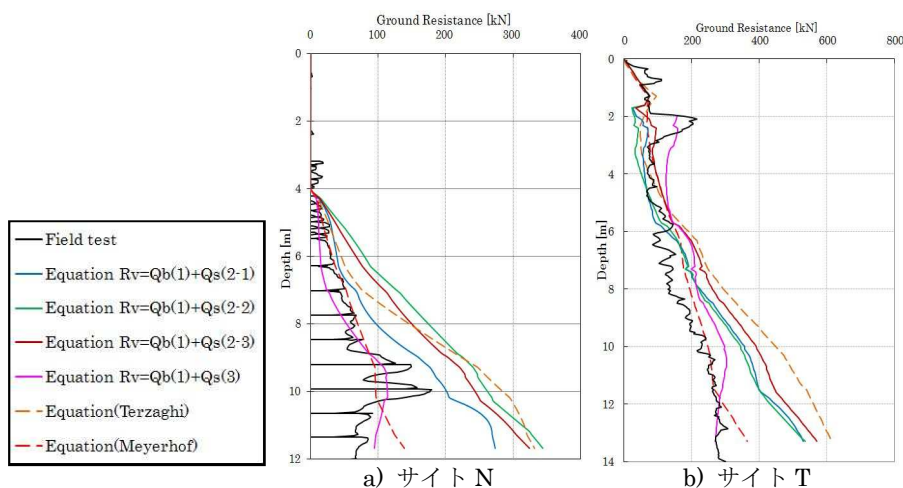


図 5. 鋼矢板圧入時の地盤抵抗の実測値と理論値の比較

参考文献

- 1) Ishihara, Y., et al. : Study on Estimation of Ground Resistance during Press-in, 2009.
- 2) White, D.J. and Deeks, A.D. : Recent research into the behavior of jacked foundation piles, 2007.
- 3) Robertson, P.K. : Soil classification using the cone penetration test, 1989.
- 4) 石原他 : PPT データに基づく土質分類および換算 N 値に関する研究, 2009.
- 5) 石原他 : 圧入施工時の周面摩擦抵抗の予測における摩擦疲労の検討 (投稿中), 2010.
- 6) API : Recommend Practice for Planning, Designing, and Constructing Fixed offshore platforms-Load and Resistance Factor Design, 1997.
- 7) Jackson, A.M., et al. : Pore pressure effects in sand and silt during pile jacking, 2008.
- 8) 尾川他 : 圧入杭の支持力公式に関する考察, 2007.